

**Device for determining the rate of injection in internal combustion engines or the like**

Patent Number: DE3830510

Publication date: 1989-12-14

Inventor(s):

Applicant(s):

Requested Patent: ☐ DE3830510

Application Number: DE19883830510 19880908

Priority Number(s): DE19883830510 19880908

IPC Classification: F02M57/00; F02M65/00; G01L1/18; G01L1/22; G01M15/00

EC Classification: F02M65/00D


Equivalents:

---

**Abstract**

---

A force sensor (12), the signals from which represent both the forces between closing spring (9) and closing element (2) and the forces between closing element (2) and stop (14), is arranged between the closing element (2) of the injection valve and its closing spring (9). The pressure in the nozzle prechamber (3) and hence also the rate of injection can thereby be calculated in all phases by means of a computer and used as guide variable for the engine

control. 

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 3830510 C1

⑳ Aktenzeichen: P 38 30 510.0-13  
㉑ Anmeldetag: 8. 9. 88  
㉒ Offenlegungstag: —  
㉓ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 14. 12. 89

⑤1 Int. Cl. 4:  
F 02 M 65/00  
F 02 M 57/00  
G 01 L 1/18  
G 01 L 1/22  
G 01 M 15/00

DE 3830510 C1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:  
Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 7000 Stuttgart, DE

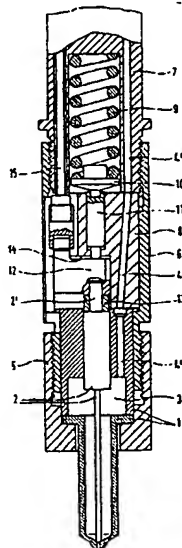
⑦2 Erfinder:  
Zeilinger, Klaus, Dr.-Ing. Dr., 8044 Lohof, DE;  
Constien, Martin, Dipl.-Ing., 8000 München, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE-OS 38 06 129  
DE-OS 19 42 435  
GB 21 70 554  
EP 01 35 873

⑤4 Vorrichtung zur Ermittlung des Einspritzverlaufes bei Verbrennungsmotoren od. dgl.

Zwischen dem Verschlußorgan (2) des Einspritzventils und dessen Schließfeder (9) ist ein Kraftsensor (12) angeordnet, dessen Signale sowohl die Kräfte zwischen Schließfeder (9) und Verschlußorgan (2) als auch die Kräfte zwischen Verschlußorgan (2) und Anschlag (14) wiedergeben. Damit läßt sich in allen Phasen der Druck im Düsenvorraum (3) und somit auch der Einspritzverlauf mittels eines Rechners ermitteln und als Führungsgröße bei der Motorsteuerung verwenden.



DE 3830510 C1

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Ermittlung des Einspritzverlaufes bei Verbrennungsmotoren od. dgl., mit einem Einspritzventil, dessen — vorzugsweise nadelartiges — Verschlußorgan in einem Düsen-  
vorraum, der mit der Druckseite einer Einspritzpumpe bzw. mit einer Zuführleitung für das Einspritzmedium  
verbindbar ist, nach Art eines Plungers verschiebbar  
angeordnet und vom Druck des dem Düsenvorraum  
intermittierend zugeführten Einspritzmediums in Öff-  
nungsrichtung und mittels einer Federanordnung in  
Schließrichtung beaufschlagt ist und mit einem Kraft-  
sensor zusammenwirkt, dessen Signale in geöffneter  
Endlage des Verschlußorgans die Kraft wiedergeben,  
mit der das Verschlußorgan in Richtung seiner Offenla-  
ge gegen einen Anschlag gespannt ist.

Eine entsprechende Vorrichtung wird in der älteren,  
nicht vorveröffentlichten Patentanmeldung  
P 38 06 129.5-13 (DE-OS 38 06 129) beschrieben. Dabei  
ist am Einspritzventil zusätzlich ein Hubgeber angeord-  
net, dessen Signale die Hubstellung des Verschlußor-  
gans wiedergeben.

Der Druck des Einspritzmediums im Düsenvorraum  
kann dann während der Öffnungs- und Schließphase des  
Verschlußorgans aus den Signalen des Hubgebers und  
während der Phase der vollständigen Öffnung aus den  
Signalen des Kraftmessers ermittelt werden. Aus dem  
Druck im Düsenvorraum und dem Gegendruck außer-  
halb des Einspritzventils läßt sich dann der Einspritzver-  
lauf berechnen.

Aus der EP-OS 01 35 873 ist es bekannt, bei einer  
Kraftstoff-Einspritzdüse, deren Verschlußorgan mittels  
einer Schließfeder in Schließrichtung beaufschlagt wird,  
zwischen dem vom Verschlußorgan abgewandten Ende  
der Schließfeder und dem stationären Widerlager der  
Schließfeder einen Kraftsensor anzuordnen. Auf diese  
Weise können die Schließkräfte erfaßt werden. Jedoch  
besteht keine Möglichkeit, ein Signal für die Kraft zu  
erzeugen, mit der das Verschlußorgan in seiner vollstän-  
dig geöffneten Endlage an einem zugeordneten An-  
schlag anliegt.

Eine ähnliche Anordnung ist aus der DE-OS 19 42 435  
bekannt. Hier ist jedoch der Kraftsensor zwischen dem  
Verschlußorgan der Kraftstoff-Einspritzdüse und der  
Schließfeder angeordnet. Auch auf diese Weise wird  
wiederum ein die Schließkraft wiedergebendes Signal  
erzeugt. Dagegen kann nicht diejenige Kraft erfaßt wer-  
den, mit welcher das Schließorgan in seiner vollständig  
geöffneten Endlage an dem zugeordneten Anschlag an-  
liegt.

Aus der GB-OS 21 70 554 ist eine Kraftstoff-Ein-  
spritzdüse bekannt, bei der am Verschlußorgan ein Pie-  
zoelement angeordnet ist, welches mit einem relativ  
zum Verschlußorgan begrenzt beweglichen Trägheits-  
körper gekoppelt ist, welcher mittels einer von der  
Schließfeder des Verschlußorgans gesonderten Feder  
gegen das Piezoelement gespannt sein kann. Beim Öff-  
nungshub sowie beim Schließhub des Verschlußorgans  
bewirken dann die Trägheitskräfte, mit denen der Träg-  
heitskörper das Piezoelement beaufschlagt, daß das Pie-  
zoelement einer verstärkten mechanischen Spannung  
unterworfen wird und ein entsprechendes elektrisches  
Signal abgibt. Auf diese Weise lassen sich die Öffnungs-  
und Schließzeitpunkte der Kraftstoff-Einspritzdüse er-  
mitteln. Jedoch besteht keine Möglichkeit, die Kraft zu  
erfassen, mit der das Verschlußorgan in seiner vollstän-  
dig geöffneten Endlage an einem zugeordneten An-

schlag anliegt.

Aufgabe der Erfindung ist es nun, die eingangs ange-  
gebene Vorrichtung bzw. das Einspritzventil konstruk-  
tiv zu vereinfachen, wobei insbesondere die Zahl der  
Signalleitungen sowie der rechnerische Aufwand ver-  
mindert werden sollen.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst,  
daß das Verschlußorgan an der Federanordnung über  
den Kraftsensor abgestützt ist, welcher das Verschluß-  
organ in dessen geöffneter Endlage direkt oder indirekt  
auf dem Anschlag abstützt, derart, daß die Signale des  
Kraftsensors sowohl die Kräfte zwischen Verschlußor-  
gan und Anschlag als auch die Kräfte zwischen Feder-  
anordnung und Verschlußorgan wiedergeben.

Gemäß der Erfindung ist also vorgesehen, daß der  
Kraftsensor sowohl mit der Federanordnung als auch  
mit dem Anschlag des Verschlußorgans zusammenwirkt  
und dementsprechend — abgesehen von Reibungskräf-  
ten — sämtliche das Verschlußorgan entgegen dem  
Druck des Einspritzmediums im Düsenvorraum beauf-  
schlagende Kräfte registrieren kann.

Die Menge ( $Q$ ) des jeweils eingespritzten Mediums  
bzw. der zeitliche Einspritzverlauf ( $dQ/dt$ ) können dann  
ebenso wie der Druck im Düsenvorraum ( $p_D$ ) gemäß  
den Gleichungen I bis III im Anspruch 2 bestimmt wer-  
den.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Er-  
findung kann der Kraftsensor als Piezoelement ausge-  
bildet sein, welches die jeweils auf den Kraftsensor ein-  
wirkenden Kräfte in Form einer elektrischen Spannung  
wiedergibt.

Grundsätzlich sind jedoch auch andere Sensoren  
möglich. Beispielsweise kann der Kraftsensor als ver-  
formbarer Körper ausgebildet sein, an dem ein Deh-  
nungsmeßstreifen od. dgl. angeordnet ist, dessen elektri-  
scher Widerstand in Abhängigkeit von der Verformung  
verändert wird.

Als Signalleitung kann innerhalb des Gehäuses des  
Einspritzventils auch die Federanordnung dienen, so  
daß es sich erübrigt, im Ventilgehäuse gesonderte Lei-  
tungen anzuordnen, die sich zumindest teilweise zusam-  
men mit dem Sensor bzw. dem Verschlußorgan bewege-  
n müssen.

Grundsätzlich ist es jedoch auch möglich, den Kraft-  
sensor mit den zugehörigen Signalleitungen über  
Schleifkontakte od. dgl. zu verbinden, um die Leitungen  
im Ventilgehäuse stationär anordnen zu können.

Im übrigen wird hinsichtlich bevorzugter Merkmale  
der Erfindung auf die Ansprüche sowie die nachfolgen-  
de Erläuterung einer bevorzugten Ausführungsform an-  
hand der Zeichnung verwiesen.

Dabei zeigt die einzige Figur ein Schnittbild eines  
erfindungsgemäß ausgebildeten Einspritzventils mit ei-  
nem zwischen Verschlußorgan und dessen Federanord-  
nung angeordneten Kraftsensor, welcher in Offenstel-  
lung des Verschlußorgans auch mit dem Anschlag des-  
selben zusammenwirkt.

Das Einspritzventil besitzt einen ein- oder mehrteiligen  
Düsenkörper 1 mit dem darin axial verschiebbar  
angeordneten, plungerartigen Verschlußorgan 2 und  
dem Düsenvorraum 3, welcher über das den Düsenkör-  
per 1 durchsetzende Leitungsstück 4 mit Einspritzmedi-  
um beliefert wird. Der Düsenkörper 1 ist innerhalb einer  
Düsenspannmutter 5 aufgenommen, welche auf ein  
rohrartiges Spannteil 6 geschraubt ist, das seinerseits  
auf ein zylindrisches Halterteil 7 aufgeschraubt ist. Da-  
bei spannt das Halterteil 7 ein im Spannteil 6 unterge-  
brachtes Zwischenstück 8 gegen den Düsenkörper 1.

Das Halterteil 7 sowie das Zwischenstück und der in der Zeichnung obere Teil des Düsenkörpers 1 sind relativ zueinander undrehbar gehalten, beispielsweise mittels nicht dargestellter Stifte, welche an den einander zugewandten Stirnseiten von Düsenkörper 1 und Zwischenstück 8 bzw. Halterteil 7 und Zwischenstück 8 in einander gegenüberliegende Sackbohrungen od. dgl. eingesetzt sind. Damit ist gewährleistet, daß das Leitungstück 4' im Düsenkörper 1 immer mit den Leitungsstücken 4'' und 4''' im Zwischenstück 8 sowie im Halterteil 7 kommuniziert.

Das Halterteil 7 bildet einen Käfig für eine Schließfeder 9, welche einen Druckpilz 10 in Richtung des Verschlußorgans 2 spannt.

Innerhalb des Zwischenstückes 8 ist in einer Zentralbohrung desselben ein Stößel 11 gleitverschiebbar geführt, welcher an seinem einen Ende mit dem Druckpilz 10 gekuppelt ist und mit seinem anderen Ende bzw. einem daran angeordneten Fortsatz durch die Kraft der Schließfeder 6 gegen einen piezoelektrischen Kraftsensor 12 gespannt ist.

Die den Stößel 11 gegenüberliegende Seite des Kraftsensors 12 ist mittels eines Ringteiles 13 auf dem Verschlußorgan 2 abgestützt.

Die Kraft der Schließfeder 9 wird also auf das Verschlußorgan über den Druckpilz 10, den Stößel 11, den Kraftsensor 12 sowie das Ringteil 13 übertragen. Bei geschlossenem Einspritzventil bzw. während des Öffnungs- oder Schließhubes des Verschlußorgans 2 wird dementsprechend der Kraftsensor 12 von der Kraft  $F$  beaufschlagt, mit der die Schließfeder 9 das Verschlußorgan jeweils in seine Schließlage zu drängen bzw. in derselben zu halten sucht. Sobald das Verschlußorgan 2 seine vollständig geöffnete Lage erreicht hat, bei der der Kraftsensor 12 am Anschlag (14) des Zwischenstückes (8) anliegt, wird der Kraftsensor 12 zusätzlich zu der Federkraft  $F$  von einer Zusatzkraft  $F_A$  beaufschlagt, welche der Abstützkraft entspricht.

Der Kraftsensor 12 ist elektrisch leitend mit einem Fortsatz 2' des Verschlußorgans 2 verbunden, welches dann seinerseits über den Düsenkörper 1 das Zwischenstück 8 sowie das Halterteil 7 eine elektrisch leitende Verbindung mit einem nicht dargestellten Masseanschluß herstellt. Außerdem ist der Kraftsensor 12 noch an ein ein- oder mehradriges Kabel 15 angeschlossen, welches als Signalleitung dient und — falls der Kraftsensor 12 als Piezo-Element ausgebildet ist — jeweils eine elektrische Spannung führt, die sich entsprechend den auf dem Kraftsensor 12 einwirkenden Kräfte ändert.

Grundsätzlich ist es auch möglich, statt des Kabels 15 die Schließfeder 9 als Signalleitung zu verwenden, vorausgesetzt, daß die Schließfeder 9 gegenüber dem Halterteil 7 und dem Zwischenstück 8 elektrisch isoliert angeordnet und über den Druckpilz 10 sowie den Stößel 11 elektrisch leitend mit dem Kraftsensor 12 verbunden ist.

Gemäß Gleichung III im Anspruch 2 kann dann aus den die Kraft  $F$  wiedergebenden Signalen des Kraftsensors 12 mittels eines nicht dargestellten Rechners der Druck  $p_D$  im Düsenvorraum 3 berechnet werden.

Wie aus Gleichung IV im Anspruch 2 zu entnehmen ist, enthält die Kraft  $F$  auch solche Komponenten, die von der Bewegung bzw. Beschleunigung der beweglichen Teile auf der vom Verschlußorgan 2 abgewandten Seite des Kraftsensors 12 verursacht werden.

Der Rechner kann also aus den Signalen eines einzigen Sensors den Einspritzverlauf am zugehörigen Einspritzventil ermitteln.

Es sei noch angemerkt, daß die Reibungskraft  $F_R$  in den Gleichungen III und IV eine vorzeichenbehaftete Größe darstellt und ihr Vorzeichen in gleicher Weise wechselt wie die Geschwindigkeit  $dh/dt$  des Verschlußorgans 2.

Solange das Verschlußorgan 2 seine vollständig geöffnete Lage einnimmt und dementsprechend über den Kraftsensor 12 mit der Anschlagfläche 14 am Zwischenstück 8 zusammenwirkt, sind  $F_R = 0$  und  $d^2h/dt^2 = dh/dt = 0$ . In Schließlage sowie während des Öffnungshubes des Verschlußorgans 2 ist  $F_A = 0$ .

Die Größen von  $F_R$  und  $D$  bzw.  $d$  können ebenso wie die Funktion  $f(h, X)$  in Gleichung II durch Versuche ermittelt und in den Rechner als Vorgabe eingespeichert werden.

Ein besonderer Vorzug der Erfindung liegt darin, daß im Einspritzmedium vor Beginn des Öffnungshubes des Verschlußorgans vorhandene Gasblasen zu keinen Meßfehlern führen können, denn die Hubbewegung des Verschlußorgans 2 beginnt aufgrund der Vorspannung  $F_0$  der Schließfeder 9 erst nach Auffüllung der Gasblasen mit Einspritzmedium.

Der rechnerisch ermittelbare Einspritzverlauf kann als Führungsgröße bei der Motorsteuerung verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Ermittlung des Einspritzverlaufes bei Verbrennungsmotoren od. dgl., mit einem Einspritzventil, dessen — vorzugsweise nadelartiges — Verschlußorgan in einem Düsenvorraum, der mit der Druckseite einer Einspritzpumpe bzw. mit einer Zuführleitung für das Einspritzmedium verbindbar ist, nach Art eines Plungers verschiebbar angeordnet und vom Druck des dem Düsenvorraum intermittierend zugeführten Einspritzmediums in Öffnungsrichtung und mittels einer Federanordnung in Schließrichtung beaufschlagt ist und mit einem Kraftsensor zusammenwirkt, dessen Signale in geöffneter Endlage des Verschlußorgans die Kraft wiedergeben, mit der das Verschlußorgan in Richtung seiner Offenlage gegen einen Anschlag gespannt ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Verschlußorgan (2) an der Federanordnung (9) über den Kraftsensor (12) abgestützt ist, welcher das Verschlußorgan (2) in dessen geöffneter Endlage direkt oder indirekt auf dem Anschlag (14) abstützt, derart, daß die Signale des Kraftsensors (12) sowohl die Kräfte ( $F_A$ ) zwischen Verschlußorgan (2) und Anschlag (14) als auch die Kräfte ( $F$ ) zwischen Federanordnung (9) und Verschlußorgan (2) wiedergeben.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftsensor (12) mit der Eingangsseite eines Rechners verbunden ist, welcher eine oder mehrere der folgenden Operationen zum mindesten näherungsweise auszuführen vermag:

$$Q = \int dQ/dt \quad (I)$$

$$dQ/dt = f(h, X) \sqrt{(P_D - P_G) / 2\rho} \quad (II)$$

$$P_D A = M \cdot d^2 h / dt^2 - D \cdot dh / dt + F + F_0 + F_R \quad (III)$$

wobei  $h(t)$  sich durch ein geeignetes numerisches Integrationsverfahren aus folgender Gleichung be-

rechnen läßt:

$$F_A + m \cdot d^2 h / dt^2 + d \cdot dh / dt + c \cdot h = F \quad (\text{IV})$$

wobei

$A$  = vom Druck  $P_D$  in Öffnungsrichtung beaufschlagter Querschnitt des Verschlußorgans (2),  
 $c$  = Federkonstante der Federanordnung (9),  
 $D$  = Dämpfungs- bzw. Reibungskoeffizient der Hubbewegung des Systems, bestehend aus Verschlußorgan (2), Kraftsensor (12) sowie den zwischen diesen Teilen (2, 12) angeordneten, sich zusammen mit dem Verschlußorgan bewegenden Elementen (13),  
 $d$  = Dämpfungs- bzw. Reibungskoeffizient der Hubbewegung des Systems, bestehend aus Kraftsensor (12) sowie zusammen mit dem Kraftsensor (12) bewegten Teilen (9, 10, 11) auf der vom Verschlußorgan (2) abgewandten Seite des Kraftsensors (12),  
 $F_o$  = in Schließlage des Verschlußorgans (2) auf dasselbe bzw. den Kraftsensor (12) wirkende Kraft der Federanordnung (9),  
 $F$  = auf das Verschlußorgan (2) bzw. den Kraftsensor (12) zusätzlich zu  $F_o$  wirkende Kraft der Federanordnung (9),  
 $F_A$  = Abstützkraft zwischen Anschlag (14) und Verschlußorgan (2) bei vollständiger Öffnung desselben,  
 $F_R$  = Reibungskraft,  
 $h$  = Hub des Verschlußorgans (2),  
 $M$  = Masse des Verschlußorgans (2), des Kraftsensors (12) sowie der dazwischen angeordneten, zusammen mit dem Verschlußorgan bewegten Teile (13),  
 $m$  = Masse der bewegten Teile (9, 10, 11) auf der vom Verschlußorgan abgewandten Seite des Kraftsensors (12),  
 $P_D$  = Druck im Düsenvorraum (3),  
 $P_G$  = Druck auslaßseitig der Düse,  
 $Q$  = durch die Düse ausgetretene Menge des Einspritzmediums,  
 $t$  = Zeit,  
 $X = (P_D - P_G) / P_G$  = dimensionsloser Druckfaktor,  
 $f(h, X)$  = konstruktionsabhängig vorgegebene Funktion, abhängig vom Hub ( $h$ ) des Verschlußorgans (2) und vom Druckfaktor ( $X$ ),  
 $\rho$  = Dichte des Einspritzmediums,

3. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Piezoelement als Kraftsensor (12) angeordnet ist.
4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Kraftsensor (12) ein verformbarer Körper mit einem darauf befestigten Dehnungsmeßstreifen angeordnet ist.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Federanordnung (9) als Signalleitung des Kraftsensors (12) angeordnet ist.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Kraftsensor (12) mittels Schleiferkontakte od. dgl. mit stationär angeordneten Signalleitungen elektrisch verbunden ist.

Hierzu 1 Blatt Zeichnungen

- Leerseite -

